救命艇離脱フック機構の安全性向上に関する調査研究

（平成 20 年度助成事業）（抄）

まえがき

本報告書は、平成２０年度（２００８年度）日本財団助成事業として、当会が実施した「救命艇離脱フック機構の安全性向上に関する調査研究」事業の成果をまとめたものである。

救命艇は、非常時に海上への避難脱出に使用される重要な救命設備であり、適切かつ安全確実に利用できるように、定期的に操練や船舶検査が実施されている。しかしながら、操練、検査時に救命艇離脱装置の誤作動、誤操作に起因する救命艇の落下事故等の死傷者をともなう悲惨な事故が多数発生しており、これらの事故は、(1) 設備・装置のシステム・構造に起因するもの、(2) 乗組員の設備・装置に対する不慣れによるもの、(3) 設備・装置の保守点検が不適切なこと、等が原因となり発生するものと考えられる。

これらの救命艇に係わる事故の防止のために、IMO（国際海事機関）において、対策が審議され、これまでに、(1) 救命艇離脱装置の要件の改善（LSA コード及び試験勧告の改正）、(2) 救命艇装置（救命艇及び進水装置）の乗組員のための操作、整備マニュアルの標準化、整備（MSC.1/Circ.1205 及び MSC.1/Circ.1206、附属書 2 の制定）、(3) 離脱装置を含む救命艇及び進水装置の定期的な点検整備体制の確立（MSC.1/Circ.1206、附属書 1 及び MSC.1/Circ.1277 の制定等）等の改善が実施され、成果を上げつつある。

これらには、我が国は、平成 15、16 年度の日本財団助成事業として当会が実施した「救命艇の品質改善に関する調査研究」や当会が救命艇装置製造事業者と共同で開催している「救命艇装置整備技術講習会」の成果等を反映させ、救命艇装置の安全性向上に貢献してきていいる。

しかしながら、救命艇離脱フック機構の設計、構造については、LSA コード等の改正により一部改善されたものの、更なる検討事項として、離脱フックの内部機構が壊れた場合でも安全サイドに留まるようなフェイルセーフな設計、構造とするように、離脱フックの要件を見直す必要があるとの提案があり、IMO において引き続き審議されている。

そのようなことから、本調査研究は、救命艇離脱フックのフェイルセーフ構造を含め、より安全な離脱フックが持つべき基本構造、基本要件、評価方法等をとりまとめ、IMO へ提案し、救命艇離脱フック機構の安全性向上を図ることを目標として、実施したものである。

ここに、本調査研究事業に助成いただいた日本財団、並びに本調査研究事業の実施にあたって、ご指導ご協力をいただいた「救命艇離脱フック機構の安全性向上に関する調査研究委員会」の太田進委員長、各委員及び関係者の皆様に厚く御礼申し上げる次第である。

平成２１年３月

社団法人　日本船舶品質管理協会

1.　事業の目的等

1.1　事業目的

これまで救命艇の事故防止対策として、離脱フックを含む救命艇・進水装置の定期的な点検整備体制の確立及び乗組員のための操作点検整備マニュアルの作成に関しては、我が国の提案を含み、IMO における審議の結果、大きな改善がなされ、実施されつつある。しかしながら、離脱フックの構造については一部改善されたものの、更なる検討事項として、内部機構が壊れた場合に安全サイドに留まるようなフェイルセーフな設計になっていないため、離脱フックの要件を見直す必要があるとの提案が IMO で審議されている。

本調査研究は、より安全な離脱フックが持つべき基本構造及び基本要件について調査研究することにより、救命艇用離脱フックの安全性の向上を図り、救命艇の事故防止に資する。

1.2　事業計画

離脱フックの設計・構造に関して、離脱フックのフェイルセーフ構造を含め、より安全な離脱フックが持つべき基本構造及び基本要件について調査研究を行い、基本要件及び評価方法をとりまとめ、国内基準見直しに反映するとともに、IMO 等へ提案することを目標とするが、具体的な調査研究項目は次のとおりである。

(1) 調査研究項目

①　海外文献等の調査及び問題点等の調査整理

・海外における離脱フックに関する調査研究報告の調査

・フェイルセーフな設計と考えられる離脱フックの例に関する試験報告及び特許状況等の調査

・既存の離脱フック機構の問題点及び課題の調査整理

②　離脱フックの基本構造及び基本要件の検討

文献、既存の離脱フック等の調査を基に、フェイルセーフ構造を含め、より安全な離脱フックが持つべき基本構造及び基本要件について検討する。

③　試作及び評価試験

離脱フックの試作を行い、評価試験を実施し、試作した離脱フックの評価を行うとともに、離脱フックが持つべき基本構造、基本要件及び評価方法について検討する。

④　基本要件及び評価方法のとりまとめ

(2)　調査研究のまとめ

上記調査研究の結果を整理し、より安全な離脱フックが持つべき基本構造、基本要件及び評価方法をとりまとめる。

1.3　委員会の構成

本事業を遂行するため、下記の委員からなる「救命艇離脱フック機構の安全性向上に関する調査研究委員会」を構成した。

（順不同・敬称略）

	氏　　名	所　属・役　職
委 員 長	太田　進	(独) 海上技術安全研究所　運航・システム部門 上席研究員
委　　員	今村　剛	(財) 日本海事協会　材料艤装部 主管
〃	坂井　正博	(財) 日本舶用品検定協会　技術部 技術課長
〃	山本　泰三	(社) 日本船主協会　海務部 課長代理
〃	藤田　泰彦	(社) 日本船長協会　常務理事
〃	菅原　直子 (北向　太輔)	(財) 日本船舶技術研究協会 基準・規格グループ 主任研究員
〃	板垣　恒男	製品安全評価センター　主任研究員
〃	長澤　進	製品安全評価センター　主任研究員
〃	伊藤　仁	(株) アイ・エイチ・アイ　マリンユナイテッド　横浜工場 クラフトグループ 主幹
〃	永田　知士	(株) 信貴造船所　設計技術グループ
〃	青山　隆司 (木戸　昌幸)	ツネイシホールディングス (株) 常石林業建設カンパニー　救命艇事業部
〃	山根　和之	(株) ニシエフ　技術部 技術課長

〃	野々下　慎一	豊永船舶（有）代表取締役
〃	北川　富雄	（株）関ヶ原製作所　技術開発部 舶用設計グループ 主任
〃	土井　雅宏	（株）マンセイ　顧問
関係官庁	田村　顕洋	国土交通省　海事局 検査測度課 船舶検査官
〃	別府　豪 (北林　邦彦)	国土交通省　海事局 安全基準課 バリアフリー推進係長 (国土交通省　海事局 安全基準課 専門官)
事 務 局	武山　誠一	（社）日本船舶品質管理協会　常務理事
	松川　忠	（社）日本船舶品質管理協会　業務部長
	長村　正昭	（社）日本船舶品質管理協会　上席技師
	川元　夋	（社）日本船舶品質管理協会　指導技師

注：(　) 内は前任者を表す。

2. 海外文献等の調査及び問題点等の整理

2.1 IMO における審議状況

救命艇に対する操作、整備マニュアル関連の審議が DE48 まで行われ、MSC/Circ.1205 及び MSC/Circ.1206 を作成した。その後 DE50 において、英国より安全な離脱フックの機構に対する提案があり、審議が開始された。

2.1.1 DE50 における審議

英国提案（DE50/12/2）について審議した結果、保持機構が壊れてもフックが開かないとの要件はフェイルセーフの観点より重要であることに基本的に合意し、離脱フックに対する新たな LSA コードの規定を今後コレポンで検討することとした。

但し、現存船のフックをスケジュールに従って新しいフックに交換するという提案は、業界に与える影響が大きすぎるとして支持する国がなく採用しなかった。また、装備品の斧のワイヤーカッターへの変更及び訓練時に使用する二次的なストロップの追加は、それらの装備はむしろ危険であるとの理由で反対の意見が多く採用しなかった。

DE50/12/2(英国提案による LSA コード改正案)

4.4.7bis.3 The retaining mechanism of the on-load release gear should fail to the close position and remain closed under any operational load whilst still being possible to release on the off-load situation.

4.4.7bis.3　オンロード離脱装置のフック保持機構は、故障したときにフックが閉まる位置にならなくてはならず、いかなる荷重のもとでも、閉まったままの状態を保持しなくてはならない。但し、オフロード離脱が可能な状態であること。

4.4.7bis.4 Materials used in the manufacturing of the release gear shall be resistant to the marine environment. The mechanism should sustain at least 10 years of use (compulsory drills and tests included) within a wear allowance that would not make the gear unsafe.

4.4.7bis.4　離脱装置の製造に使用される材料は、海上環境に耐えるものであること。機構は定められた訓練や試験を含み、少なくとも 10 年間は摩耗限度内を保ち、離脱装置が不安全な状態にならないこと。

2.1.2 DE51 における審議

上記原案についてコレポングループで審議した結果、下記のように修正した。その後、DE51 では時間の都合で審議はなされていない。

4.4.7.3***bis*** [The release mechanism shall be designed to be stable under load, so that even if it is not fully locked, or in the event of misalignment or failure of any other component, the hook will naturally assume a closed position and continue to support the full rated load.]

4.4.7.3***bis***　オンロード離脱装置は、荷重が掛かった状態で安定するように設計され、完全にリセットされない場合や、調整不良な状態、または何らかの部品が故障した場合でも、

自然に閉じた状態になることが想定され、使用荷重を保持し続けること。

4.4.7.3*ter* [The components of the release mechanism shall not depend on coatings or galvanizing for corrosion resistance.] [Any operating cable system shall have no open or unprotected parts, and shall be watertight, without depending upon flexible membranes.] [The mechanism shall be designed and constructed so that it continues to comply with [.3bis] taking into account long term wear.]
4.4.7.3*ter*　離脱装置の部品は、耐腐食のために、塗装やメッキを使用しないこと。全ての作動ケーブルは、開放又は保護されない部分を有することなく、柔軟な膜を使用しないで水密性を保つこと。作動機構は、長期間にわたる摩耗を考慮に入れ、[.3bis]の要件を満足し続けるように設計され、製造されること。

2.1.3　DE51 コレポンにおける審議状況

DE51 において、救命設備に関するコレスポンデンスグループが設置された。DE52 までに検討する作業目標の内、救命艇フック関連は以下のとおりである。

a.　救命艇オンロード離脱装置について、優先度の高い事項として、フェイルセーフの概念を検討すること。また、落下防止装置の使用について検討すること。その結果、関連する LSA コード及び試験勧告の改正案を最終化すること。

b.　“危険で不安定な設計のオンロード離脱フック”の定義を明らかにし、“危険で不安定な設計のオンロード離脱フック”と判定するための基準を作成する。さらに、それらの危険なフックを交換する期限を検討する。

c.　救命艇、進水装置及びオンロード離脱装置に対するサービスプロバイダーの認可条件に関する新たな暫定勧告を受けて、MSC.1/Circ.1206 に対する必要な見直しを行う。

(1)　第 1 回回章に対する対応

第 1 回回章は、救命艇オンロード離脱フックに対する基本的な考え方に特定したものであり、コーディネーター（米国 USCG の Kurt 氏）は、各コレポンメンバーに対して、下記の基本的な質問に回答することを要請した。

質問１：オンロード離脱フックの定義について

将来のオンロード離脱フックの基準を考える際に、以下の二つの中で、どちらの定義をベースとすべきか。(但し、現在のフックの評価及び交換のためには、別の基準を採用する可能性があることを念頭において)

①　英国提案（DE50/12/2）による定義

安定で、ファイルセーフと考えられるフックは、自然に閉位置になるよう、設計、製造され、試験されたもの。保持機構が故障した場合に、開放してしまうフックはこの目的に合わないものとみなす。

②　DE51 におけるノルウェー提案の定義

不安定な離脱フックとは、フックに加わる荷重により、開放側に動いてしまう保持機構を持つもの。

従って、安定したフックとは、フックに加わる荷重により、開放側に動かない保持機構を持つもの。

質問２：落下防止装置について

危険で不安定な設計のオンロード離脱フックを特定し、それらが交換されるまでの臨時措置として、訓練時用の落下防止装置（ストロップや、フック用安全ピン等）を導入するかどうか。(DE50 の WG 及びコレポンの段階では、それらの外し忘れがあると、非常時に機能しないため、それらの導入については反対が多かったが、DE51 の段階では、ノルウェーが導入を提案し、英国が支持した。)

我が国は、定義についてはどちらの定義も適当ではなく、DE 51/8 paragraph 10 の定義を元に検討すべきこと、また、落下防止装置については、導入を支持した。各国からのコメントを表 1 に示す。

表１　安全なフックの定義及び落下防止装置に関する各国の意見

国名	フックの定義	落下防止装置	コメント
オーストラリア	UK	YES	
オランダ	UK	NO	Fail to close とは、フックに荷重を掛けても操作ケーブルに力が加わらない機構とし、艇の重さを利用して開放する機構の排除に反対
バハマ	どちらでもない	YES	
ドミニカ	？	－	
ノルウェー	ノルウェー	YES	
米国	UK	NO	
ILAMA	ノルウェー	YES	
ICS	UK	YES	
デンマーク	UK	YES	
日本	どちらでもない	YES	DE 51/8 paragraph 10 の定義を元に検討すべき
韓国	UK	－	
Intertanko	UK	YES	
ドイツ	ノルウェー	YES	
CLIA	UK	－	
中国	？	－	
UK	UK	YES	
リベリア	－	YES	
IACS	UK	YES	

(2)　第２回回章

a.　フェイルセーフ概念の定義について

第１回回章における、フェイルセーフ概念の定義について、英国又はノルウェーのどちらの定義をベースとするかとの質問に対して、英国案を支持する国が多いとはいえ、各国からのコメントは方向性がまとまらず、むしろ、救命艇の質量をフック開放に使用する現在の設計を排除しないとする意見（オランダ、ノルウェー、独）も提案された。

我が国は、英国 555 型のフック機構のようなオンロード離脱時に過剰な操作力を要求する構造は、瞬時の離脱操作が困難として、救命艇のフック機構としては不適切であることを指摘した。

これらの状況から、コーディネーターは、第２回回章において、もし、このままコレポン内の意見が集約できない場合、“フェイルセーフ概念の定義を追求する”という作業目標を変更し、“救命艇の質量をフック開放に使用する構造を前提にした、より安全な機構の追求”とするかどうか回答を求めている。もし YES の場合、そのようなフック機構を評価する具体的な方法の提示を求めた。これまでに提出された各国からの回答を表２に示す。

我が国は、YES として、現在、本協会事業で行っている、より安全な離脱フックの調査研究を元に、次回 DE52 に、そのようなフック機構の評価方法を提案する予定であることをコメントした。

表２　フェイルセーフ概念に基づくコレポンの目標を変えるかどうかについて

国名	回答	コメント
中国	？	Fail safe なフックで、通常の操作では開放できないようなものは危険である。
日本	YES	次回 DE にフックの評価方法を提案予定
オランダ	YES	ILAMA が評価方法を検討中であり、それを見てから判断すべき

IACS	NO	
ILAMA	YES	フックの評価チェックリスト提案
ノルウェー	YES	リリースシステムに何らかの故障があっても開かないもの等
韓国	NO	実用的な評価方法が提案されれば、それを今後検討すべき
Intertanko	NO	
米国	NO	
ICS	NO	
デンマーク	NO	

また、救命艇、救助艇メーカーは、現在提案されている“フックの部品はコーティングを使用しないで、耐食性を持つ”とのフックの材質を規定する方向に反対のため、以下のコメントを提案した。

“フックの全ての部品ではなく、[内部ロック機構等] の重要な部品については耐腐食性材料とする。”

.3*ter* [The critical components of the release mechanism such as [retaining devices] shall not depend on coatings or galvanizing for corrosion resistance.] [Any operating cable system shall have no open or unprotected parts, and shall be watertight, without depending upon flexible membranes.] [The mechanism shall be designed and constructed so that it continues to comply with [.3bis] taking into account long term wear.]

b.　将来的に交換されるべき危険なフック機構(Poor and unstable design)について

ノルウェー及び ILAMA からの提案により、下記の構造を持つものを危険なフックとして定義することが合意されつつある。

・　フックに荷重を掛けると、操作ケーブルに力が加わる機構
・　フックに荷重を掛けると、ロック機構が開放側に移動するような機構

上記定義に従い、一定の時期までに、危険なフックをより安全なフックに交換する必要があるが、コーディネーターより、具体的に、誰が責任を持って、どのように実行するかについてのコメントが求められた。

c.　落下防止装置第１回回章の回答より、多数の国が落下防止装置の使用を支持したが、同時に使用方法等に対するガイドラインが必要と考えられ、ANNEX３に落下防止装置の要件案が提案された。

d.　MSC/Circ.1206 の改正

サービスプロバイダー承認のための暫定勧告が MSC/Circ.1277 として発行されたため、MSC/Circ.1206 の中で、それとの関係部分を改正する必要があり、改正案が ANNEX４に示された。

(3)　第３回回章

これまでに提案された各国からの意見をコーディネーターが取りまとめた結果を第３回として回章した。これらについては、DE52 の救命 WG で引き続き審議される。

a.　フェイルセーフの概念又は代案について

第２回回章に対する回答として、従来どおりにフェイルセーフの概念を追求すべきとの意見が多かったが、オフロード型フックに起因する過大な操作力に対する懸念、救命艇の重量をフック開放に利用するタイプのフックを排除することに反対する国（我が国、ノルウェー、ILAMA、中国）もあり、フックの定義として、オプション２（セルフロッキング）及びオプション３（ノルウェー提案の逆回転カム型）が追加され、今後、合わせて検討される。フック部品の材質については、我が国は全ての部品を塗装又はメッキに寄らない耐食性にする必要はなく、“可動する部品”のみでよいと指摘したが、ILAMA は全ての部品を塗装又はメッキに寄らない耐食性にすべきであると提案している。

b.　交換すべき危険なフックの評価

各国から指摘された様々な問題点を整理した。DE52 で引き続き検討される。

c.　落下防止装置

落下防止装置に対する要件案が DE 52/6/1 の ANNEX３に示された。

2.2　海外における離脱フックに関する調査研究の状況

IMO/DE 小委員会で、安全な離脱フックの機構についての審議が行われていることを受けて、いくつかの国で、下記に示す救命艇離脱フックに関する調査研究が行われている。

2.2.1　カナダにおける調査研究（FP50/INF.4）

カナダは、従来から使用されている一般的な、フック底部を回転するカムで押さえるタイプのフック(フック B)と、新たに開発された、より安全なカム機構を持つフック（フック A）の２種類のフックについての比較試験を行い、その結果を FP50/INF.4 として IMO に提出した。

試験の結果、オンロード離脱試験、様々なカム角度による静的荷重試験、及びケーブルを外した状態における繰返し荷重試験において、フック A と B とでは結果が異なり、フック A は、フック B に比較して、固有の安定性を示すとしている。FP50/INF.4 の仮訳を別紙１(略)に示す。

本調査研究におけるフック A は、カナダの M 社により開発されたもので、米国の特許（特許公報番号 US 2005051079）を取得している。公開情報によると、特許の概要は以下の３点とされている。フック A を写真１に示す。

①　フックに加わる力によって、ラッチブロックの回転軸に回転モーメントが生じないように、フック下端の凹形状部がラッチブロックの回転軸の上下に位置する。

②　フック下端の凹形状半径と、対応するラッチブロックの凸形状半径を同じにすることで、接触面積を大きくすることができ、また、振動等による摩耗を起こしにくい。

③　ラッチブロックの角度は、閉鎖状態と開放状態の間で約 80 度と大きく離れている。

写真１　カナダの M 社により開発されたフック

2.2.2　英国における調査（MCA Research Project 555）

英国 MCA（The Maritime and Coastguard Agency）により救命艇設計の開発に関する調査が 2006 年に実施され、MCA Research Project 555 として報告されている。

その中で、離脱フックに起因する救命艇事故防止の解決には、フック機構の基本的な見直しが必要であり、 現在、多くのオンロード離脱フックが有している救命艇の自重をフック開放に利用する機構は危険であり、そのかわり、救命艇の自重を受けている状態で安定し、常に閉じた状態を保持する機構が望ましいとしている。この概念に基づいた新たな機構を有するフックが 555 型として開発された。このフックは米国特許（特許公報番号 US 2008084078）を取得している。公開情報によると、フックの主な特長は以下の２点とされている。

555 フックを写真２に示す。

①　フックに加わる力の方向とフックの回転中心が１直線上にあるため、フックに荷重が掛かっている場合は開放しない。

②　オンロードとオフロードとで、操作に要する力が大きく異なる構造のため、水圧を利用するインターロック機構が不要となる。

写真２　555 型フック

2.2.3　ILG グループによる調査

Industry Lifeboat Group (ILG)は、英国 MCA、船級協会（IACS)、旅客船クルーズ協会（CLIA)、船主協会（ICS）等により構成されたグループで、救命艇の安全について調査研究を行っている。救命艇の事故防止対策として、標準化された離脱装置に対する要件を提案している。ILG が提案している要件を別紙２(略)に示す。

2.3　問題点の整理

2.3.1　将来的に交換すべき危険な設計について

これまでの IMO/DE における審議や、各国における調査結果から、特に設計が適切でない離脱フックは、一定の期間を掛けて、より安全な物に交換する必要があるという方向性が示されてきた。どのような機構を持つ物が危険と見なすかについては、まだ IMO/DE において結論は得られていないが、DE51 コレポンの段階でほぼ合意されつつある考え方は以下のようである。

①　フックに荷重を掛けた時に、操作ケーブルに力が加わるもの

②　フックに荷重を掛けた時に、ロック機構（カム等）が開方向に移動するもの

この方向については、将来における実際の交換作業をどのように行うかの問題点を除けば、現在使用している救命艇離脱フックの機構から見て、大きな問題はないと考える。

2.3.2　離脱フックの安全性に対する新たな要件

DE51 コレポンにおける目標は、当初、英国からの提案に従い、フェイルセーフなフックを目指すとの方向であったが、英国が提案している“救命艇の自重を受けている状態で安定し、常に閉じた状態を保持する機構”を前提とした定義(選択肢１)を採用すると、555 フックに示されたような、フックの回転中心とフックへの荷重点が垂直な一直線上に位置するオフロード離脱を基本とした機構に限られる可能性が高い。その場合、オンロード離脱時に過大な操作力が必要となり、迅速な離脱作動が期待できないこと及び実船における実績に乏しい等の理由から、我が国を始めとする反対する意見がある。そのため、選択肢２（セルフロッキング）及び選択肢３（ノルウェー提案の逆回転カム型）の定義が追加され、今後、合わせて検討される予定である。

我が国は、選択肢１には反対すると共に、選択肢２の定義を支持するべきであると考えるが、基本的に離脱フックの機構を定義により規定することには限界があり、混乱を避けるためには具体的な試験方法を開発し、その合否により安全か安全でないかを判断する方向が重要であると考える。

また、フック部品の材質については、我が国は全ての部品を塗装又はメッキに寄らない耐食性にする必要はなく、“可動する部品”のみでよいと指摘したが、ILAMA は全ての部品を塗装又はメッキに寄らない耐食性にすべきであると提案している。これについては、例えば、現在、救命いかだ用自動離脱フックに要求している塩水噴霧試験を取り入れ、材質を規定するのではなく、一定の試験に合格すれば良いとの規定方法が望ましいと考える。

救命コレポン報告(DE52/6/1)に記載された定義（３種類の案）を下記に示す。

選択肢 1 － DE50/12/2 に考察されている「フェイルセーフ」

.1bis　離脱機構は、救命艇の重量のみで、安定した閉状態になり、開放機構により慎重に開放されない限り、いかなる使用状態でも、完全な使用荷重のもとで閉状態を保

つよう設計されること。

選択肢 2 ―「セルフロッキング」
.1bis　離脱機構は、閉状態に完全にリセットされた場合、救命艇の重量により、不慮の落下を引き起こすような力を開放機構に伝えないで、開放機構により慎重に開放されない限り、いかなる使用状態でも、完全な使用荷重のもとで閉状態を保つよう設計されること。

選択肢 3 ― 逆回転カムを持った「セルフロッキング」
.1bis　離脱機構は、閉状態に完全にリセットされた場合、救命艇の重量により、不慮の落下を引き起こすような力を開放機構に伝えないで、開放機構により慎重に開放されない限り、いかなる使用状態でも、完全な使用荷重のもとでも閉状態を保つよう設計されること。

3.　離脱フックの基本構造及び基本要件の検討

3.1　離脱フック機構の調査

3.1.1　オフロード離脱フック

1986 年以前の救命艇用離脱フックはオフロード離脱機能（フックに荷重が加わっていない時のみに離脱することが可能な機構）のみが要求されていた。オフロード離脱フックの一例を写真３に示す。

写真３　オフロード離脱フックの一例

3.1.2　オンロード離脱フック

オイルリグの事故時に、空中に吊り下げられて離脱できなかった例や、波浪中等の進水時の安全な離脱を確保するため、1986 年以降の新造船にはオフロード離脱に加えてオンロード離脱機能（フックに荷重が加わった状態でも離脱できる機構）が要求されるようになった。

初期のオンロード離脱機構の例を図１及び図２に示す。
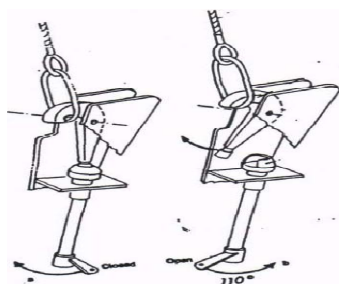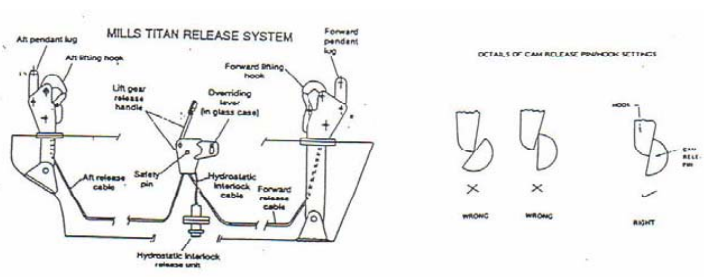
図１　初期のコーン型　　　　図２　初期のカム型

初期のオンロード離脱機構は、フックの下部をコーン又はカム軸で直接押さえる機構のため、摩耗や調整不良により誤作動等が発生する危険性がある。そのため、現在、多くの救命艇に用いられている構造は、フックに加わる力が直接カム軸等に作用しないように、中間にロックピースを挟む構造が一般的である。それらの例を写真４及び５に示す。

写真４　コーン型にロックピースを加えた機構

写真５　カム型にロックピースを加えた機構

3.1.3　現在使用されている離脱フック機構の調査

我が国で使用されている主な救命艇用離脱フックについて、フックの保持機構、フックに荷重を掛けた時の各部品への力の掛かり方、操作ケーブルが外れた時の挙動等について調査した。特に設計に問題があり、将来的に交換すべきフックとみされるものかどうか、また、安全なフック機構として DE コレポンで検討されているセルフロッキングに相当するかどうかに注目して調査した。検討結果を表３に示す。また、型式毎に、離脱機構の概要及び想定される主な挙動を調査した結果を表４～10(略)に示す。

表３に示すように、今回調査したフックの範囲では、将来的に交換すべきものに該当するものはなかったが、セルフロッキングに関連した要件については、要件を満足しないと考えられるものがある。

表３　救命艇離脱フック機構の調査まとめ

目的		将来的に交換すべきフックかどうか		セルフロッキングに関連した要件（カナダ提案 FP50/INF.4 参照）	
要件		フックに荷重を掛けた時に、操作ケーブルに力が加わるもの	フックに荷重を掛けた時に、ロック機構（カム等）が開方向に移動するもの	ケーブルが外れた状態でも閉位置を保つ。	ケーブルが外れ、繰り返し荷重を受けても閉位置を保つ。
現行品	A1 型	該当しない	該当しない	○	△[1]
	B1 型	該当しない	該当しない	×	×
	C1 型	該当しない	該当しない	×	×
	D1 型及び E1 型	該当しない	該当しない	○	△[2]
旧型	B2 型	該当しない	該当しない	○	△[2]
	D2 型	該当しない	該当しない	○	○[3]
	D3 型	該当しない	該当しない	○	○[3]

注１：ストッパー用のケーブルも同時に外れると開放の可能性がある。
注２：振動等でカムレバーが回転すると開放の可能性がある。

注３：スプリングにより、ケーブルリセットレバー又はロッキングピースレバーの位置を保つ。

3.2　より安全な離脱フックが持つべき基本構造及び基本要件

3.2.1　基本構造の検討

(1)　海外において安全とされているフックの構造について

英国がフェイルセーフな構造であるとして提案した555型フックは、機構が単純であり、フックを開閉させるための部品が脱落した場合でも、フックの回転中心とフックへの荷重点が垂直な一直線上に位置するため、フックに加わる荷重を保持することができる。従って、オフロード離脱を中心にした使用を想定すれば有効なものといえる。但し、2.3.2において述べたように、オンロード離脱をするためには、過大な操作力を要するため、ラテェットレンチ等で数回の操作が必要とされ、瞬時の離脱は困難である。従って、我が国が想定しているオンロード離脱を中心にした使用形態では実用的とは言えない。また、ILAMA が主張するように、実船での実績が乏しく、実用上の大きな問題点を持つ可能性がある。例えば、操作ケーブルに過大の力が加わり損耗が激しい可能性があり、さらにオフロード離脱時の開放を助けるためと想定されるが、フックの重心を回転中心より後部に置いているため、ケーブルが脱落して、繰り返し荷重を受けた場合に、オンロードにおいて開放する危険性がある。

カナダのＭ社による離脱フックは、555型と同様に部品が少なく、比較的単純な機構のため、リセット操作や点検・整備等が容易であり、また、フック下部と回転するラッチブロックの接触面が大きく摩耗しにくい機構と考えられる。反面、ラッチブロックの軸受け面積が大きく、比較的大きい操作力を要する。さらに FP50/INF.4 に示された実験結果から、ラッチブロックの位置が開放角度に近い場合で繰り返し荷重を受けると開放する結果が示されており、現在、我が国で使用されているものと比較しても、特別に優れた物とは考えられない。

従って、今回の基本構造の検討において、部分的に参考にするとしても、いずれの機構も、全面的に採用する必要はないと判断した。

(2)　目指すべき方向について

より安全なフックに対する機構の要件として注目すべきは、FP50/INF.4に示されたケーブル破損時の繰り返し荷重に対する安定性である。離脱フックに起因する事故例からみると、操作ケーブルの調整不良や整備不良に基づく事例が多く、一度、完全にリセットされた後、操作ケーブルが万一脱落しても、フック単体で閉状態を保持する機構が望ましい。これと同様の考えが DE51 コレポンの中でもセルフロッキングとして取り上げられている。表３に示した現在使用されている離脱フックの中でも、この要件を満足する可能性を持つ物がいくつか存在する。

次に重要と考えた要件は、操作力の適正化であり、瞬時にオンロード離脱を可能とするためには、容易に操作できる程度の操作力を確保すべきであり、この観点からは、我が国で既に多く採用しているロックピースを用いた機構が有利と考える。

これらを総合すると、ロックピースを用いた機構の代表的なフックである D1 及び E1型を基本として採用し、やや不明な点がある繰り返し荷重に対する安定性に対して、カムレバー等の機構を改良することで安全性を高める方向を目指すこととした。

3.2.2　基本要件及び評価方法の検討

現在の救命艇離脱フックに対するIMO/LSAコード及び試験勧告の規定を使いやすさ、信頼性及び性能の各評価因子に分類した。各評価因子に対する評価項目及び基本要件案を表 11 に示す。また、下記の項目については、現在の規定では不十分であり、コレポンにおける各国からの提案及び基本構造の検討において提案した性能要件及び試験方法案の追加を今後検討する必要がある。各評価因子に対する基本要件及び評価方法案を表 12から表 14(略)に示す。

(1)　使い易さについて

操作の容易性及び点検・整備し易い設計に対する現在の規定がなく、DE51 コレポン

において、“操作が簡単なようにシンプルな設計”、“手袋をはめた人が操作できること”等が提案されている。また、操作の容易性の観点から操作力の規定を検討すべきであると考える。

(2)　信頼性について

故障時の安全性及び耐久性に関する規定が不十分であるとして、2.3.2 項で述べたように DE51 コレポンの中で安全なフックに関する要件が審議されている。我が国は、定義により構造を規定することは混乱を招く恐れがあるため、具体的な試験方法によりフックの性能を評価することが重要であると提案している。

(3)　性能について

オンロード離脱における迅速な離脱性能の規定、例えば“安全ピンを抜いてから［3］秒以内に離脱できること”等の要件が必要と考える。

表 11　離脱フックに対する評価因子及び基本要件案

評価因子	評価項目	基本要件
使い易さ	情報入手が容易	取扱説明書を操作場所から容易に見える所に置く
		フックの設置場所において、リセット状態が確認できる
	分かり易い	図等を使用した分かり易い操作説明 操作方法が分かり易い(カラーコーディング等) 標準的な操作手順に従っている（MSC.1/Circ.1205 等）
	使いやすい	操作が簡単で、体への負担が少ない(操作力が過大でない) イマーションスーツを着用した状態における操作の確保 リセット操作がし易い
	操作時の安全性	誤操作を防ぐ機構(操作ハンドル部及びフック部) オンロード離脱の場合の安全対策（インターロック等）
	点検・整備を考慮した設計	点検・整備し易い設計（精密な調整を要しない等）
信頼性	故障時の安全性	完全にリセットされた後、コントロールケーブルが外れた状態でも開放しない機構を有すること。
	安全係数	艇体への結合部強度は安全率６とする。 整備用のハンギングオフ装置の安全率は、満載質量＋1000kg
	耐久性	シンプルな設計、摩耗を起こしにくく、また、精密な調整を要しない設計
	寿命	長期間の使用に耐える材料、構造
性能	離脱性能	オフロード及びオンロードにおいて、瞬時の離脱操作が可能
	連結性能	海上でフックのリセット、リンク連結が可能

4.　安全性向上を目指した離脱フックの試作及び評価試験

4.1　試験品の試作

試験品は、3.2.1 項基本構造の検討における結果を受け、ロックピースを用いた機構の代表的なフックである D1 及び E1 型を基本型として採用し、カムレバー等の機構を変更したものを２種類試作した。

試験品 B は、基本型である試験品 A のロックピースとカムレバーとの接触部が線接触である部分を面接触に変更することで、使用時の耐久性向上及び摩擦を増加させることにより、カムレバーの安定性向上を目指した。

試験品 C は、FP50/INF.4 に示されたカナダ M 社のラッチブロック機構を参考にしてロックピースを押さえるカム機構として組み込んだ。試験品 C の特性は、カム軸が回転する方向が試験品 A 及び B とは逆であること、また、軸受け面積が大きいため操作力が増加することであり、これらがフックの安定性にどのように影響するかを調べる目的で試作した。

各試験品の概要を図３～５に示す。
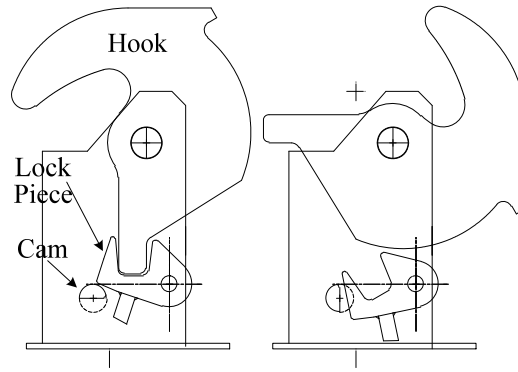
図３　試験品 A
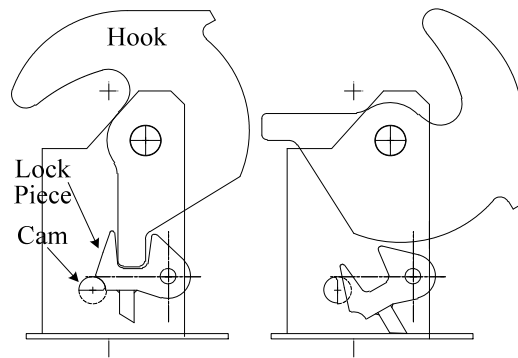
図４　試験品 B
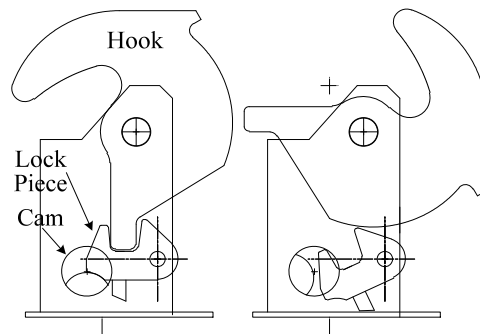
図５　試験品 C

4.2　評価方法の検討

離脱フックが安全かどうかを評価する方法として、3.2.2 項で述べたように、FP50/INF.4 に示されたいくつかの試験の中から、重要と考えられる以下の３種類の試験を計画した。

(1)　カムレバーに加わる力の測定は、フックに荷重を加えた時に、カム軸が開方向に移動するかどうかをみる試験であり、閉止機構の基本的な安全性が確認できる。

(2)　操作に要する力の測定は、適正な操作力を有しているかどうかを見る、操作性の観点から重要な試験である。

(3)　損傷時繰り返し荷重試験は、整備不良や故障時を想定した試験で、離脱フック単体で、どの程度の安定性を保っているかを判断することができる。

4.3　評価試験

4.3.1　試験方法

(1)　カムレバーに加わる力の測定

正常にリセットした状態で、離脱フックに最大使用荷重(37.5kN)及び最大使用荷重の 1.1 倍荷重（41.2kN ）を加えた時の、カムに加わる荷重を測定する。カムの位置は正常

にリセットされた位置から 10 度毎に移動し、開放まで記録する。

(2)　操作に要する力の測定

離脱フックに、無荷重、最大使用荷重(37.5kN)及び最大使用荷重の 1.1 倍荷重（41.2kN ）を加えた状態で、フックが開放するまでカムを回転させる時の回転モーメントを測定する。

(3)　損傷時繰り返し荷重試験

離脱フックから操作ロッドを取り外した状態で、フックに無負荷から最大使用荷重の 1.1 倍（41.2kN）に相当する繰り返し荷重を 10 回加えた時のカムの動きを測定すると共に、フックが開放するかどうかを観察する。カムレバーの状態は、正常にリセットされた位置、開放までの移動幅の中間位置及び可能であればカムレバーが開放角度に近い位置で行う。カムレバーが開放角度に近い位置における試験で開放した場合は、カムレバーがリセット位置に移動するよう錘を付けた状態にして繰り返し行う。

4.3.2　計測方法及び計測機器

各種の荷重やカム軸の角度等の測定は、FP50/INF.4 に示された方法に準じたものとした。

作動力測定装置の概要を図 6 及び写真 6 に示す。主な使用機器を以下に示す。

(1)　アムスラー型引張試験機　RUE-100 型
(2)　ひずみアンプ　：PCD-300A 型
(3)　データーロガー：　GR-3000 型
(4)　引張圧縮型ロードセル：　10kN
(5)　傾斜角センサー：アキュスター
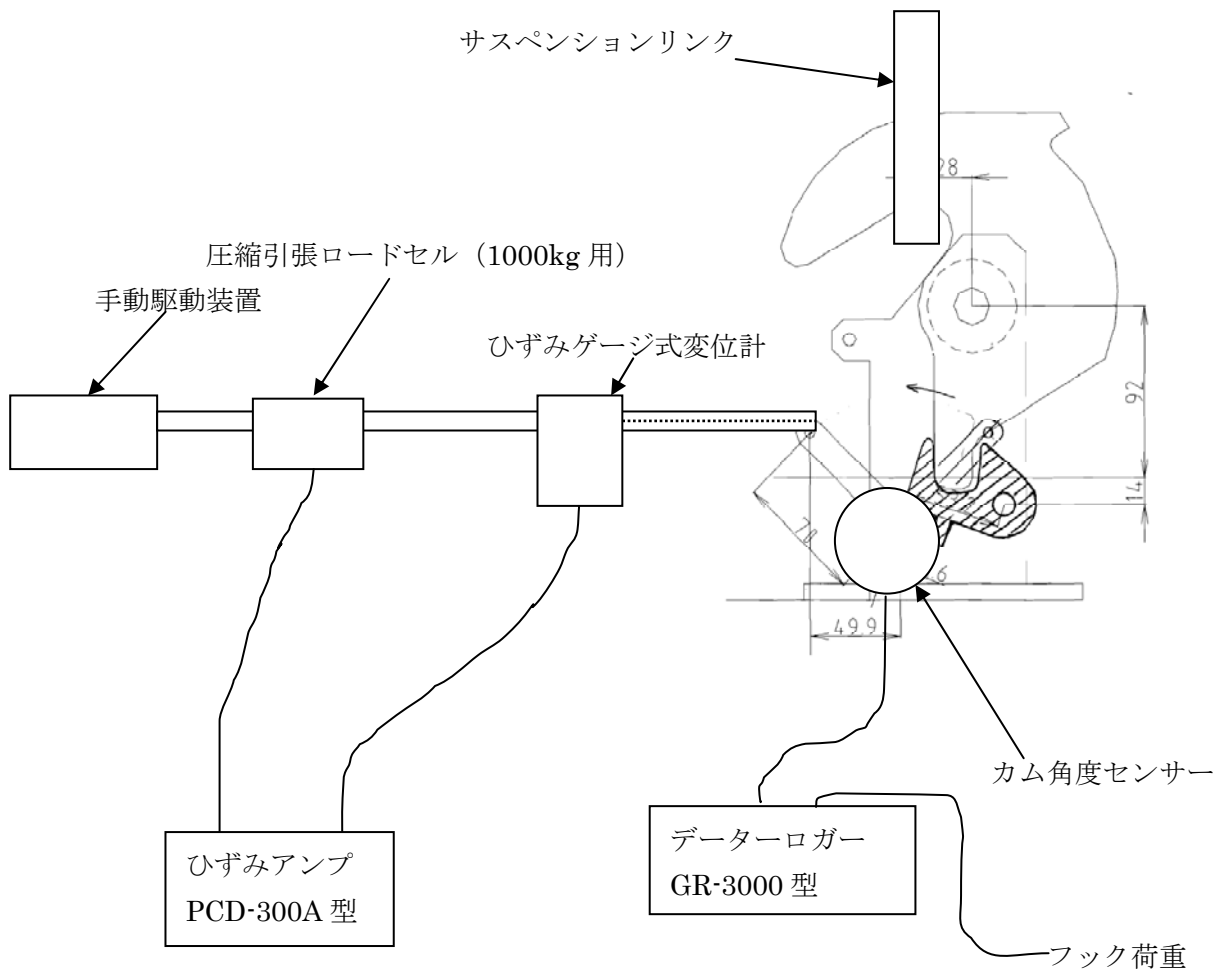
図 6　フック機構の作動力測定装置の概念図
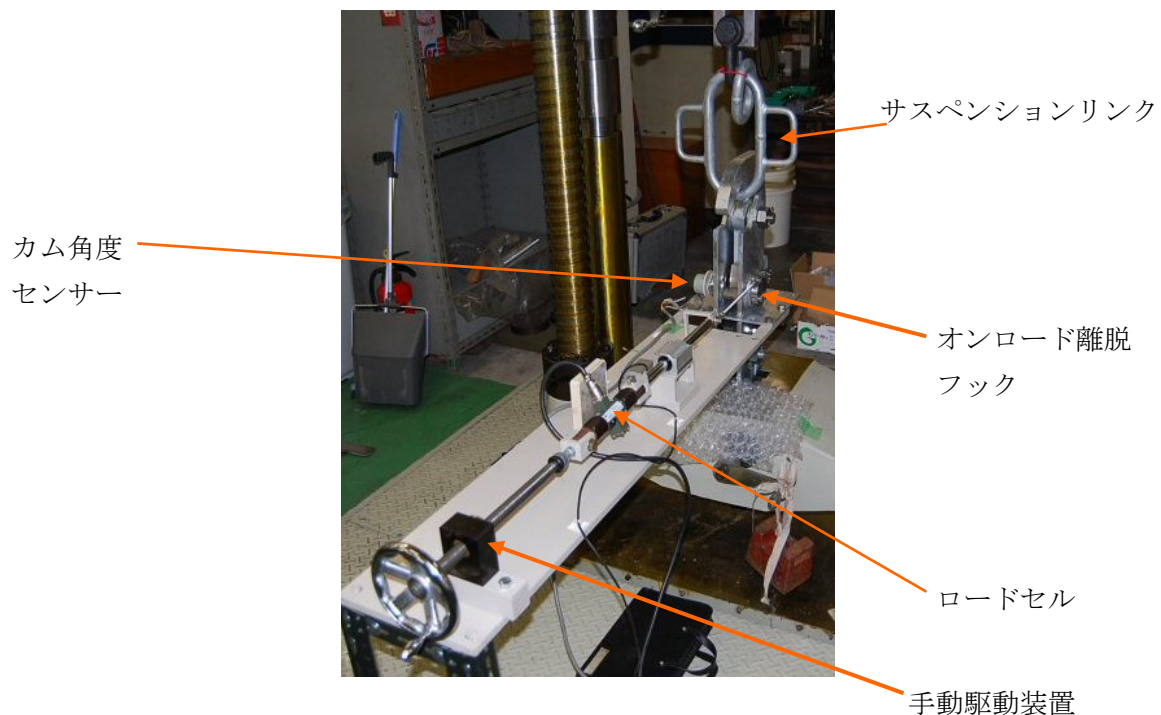
写真６　試験の状況

写真７　試験品 C

4.3.3　試験結果

(1)　カムレバーに加わる力の測定

測定結果を表 15 に示す。試験品 A 及び B は、カム角度が初期位置から約 70 度回転すると離脱し、試験品 C は約 60 度で離脱する機構であるが、表より、いずれの試験品も離脱角度に達するまでは、カムレバーに加わる力は 0 であり、カムレバーには回転力が加わらない構造である。

表 15　カムレバーに加わる力の測定結果　　　　　　　(単位：N)

試験品	カム角度(度)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
A	荷重(37.5N)	0	0	0	0	0	0	0	(開放)	—
	荷重(41.2N)	0	0	0	0	0	0	0	(開放)	—
B	荷重(37.5N)	0	0	0	0	0	0	0	(開放)	—
	荷重(41.2N)	0	0	0	0	0	0	0	(開放)	—
C	荷重(37.5N)	0	0	0	0	0	0	(開放)	—	—
	荷重(41.2N)	0	0	0	0	0	0	(開放)	—	—

(2)　操作に要する力の測定

各試験品に対する最大操作力（モーメント）を表 16 に示す。また、満載状態(100%)

及び満載の 110%状態における操作モーメントの変化を図７～図９に示す。図から、試験品（機構）の違いに応じた、モーメントの変化が示されている。試験品 A は、角度 10 度～60 度の広い範囲に渡り、ほぼ一定の操作モーメントを示す一方、試験品 B は初期が大きく、試験品 C は離脱直前に最大のモーメントを示している。最も操作モーメントが大きかったのは試験品 B の満載状態における 51.5 N・m であるが、この程度であれば、適切な操作レバーが装備された場合、片手で操作が可能と思われる。

表 16　操作に要する最大モーメント（単位：N・m）

試験品	試験品 A	試験品 B	試験品 C
無負荷	0.5 0.7	0.8 0.5	0.8 0.5
満載状態（37.5kN）	26.3 23.5	51.5 48.3	29.2 25.4
満載状態の 1.1 倍 (41.2kN)	25.5 24.6	49.6 47.2	27.2 24.7
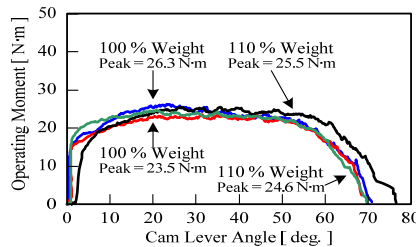
図７　操作モーメント（試験品 A）
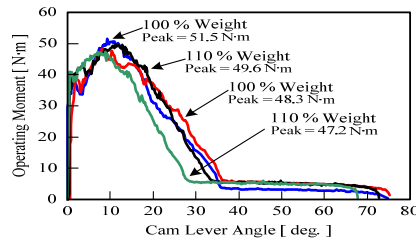
図８　操作モーメント（試験品 B）
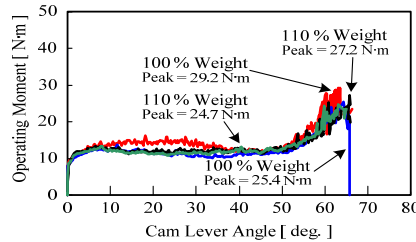
図９　操作モーメント（試験品 C）

(3)　損傷時繰り返し荷重試験

試験品 A 及び B については、初期カム角度を 0 度、開放までの中間としての 40 度及び開放直前としての 70 度において実施した。試験品 C については、初期カム角度を 0 度、開放までの中間としての 30 度及び開放直前としての 55 度において実施した。各試験品に対するカム角度を表 17～19 に示す。また、繰り返し荷重の一例を図 10 に示す。

これらの結果から、今回のいずれの試験品も、初期カム角度が 0 度及び開放までの中間角度であれば、繰り返し荷重を与えた場合に閉状態を保つことがわかった。開放直前のカム位置の場合は、試験品 A 及び B については 1 回又は 4 回目の繰り返し荷重で開放したが、試験品 C は 10 回の繰り返し荷重を与えても閉状態を保っていた。このことから、いずれの試験品も損傷時繰り返し荷重に対する安定性を有するが、開放直前に操作力が重くなる試験品 C は、開放直前の安定性が高いと言える。

次に、開放直前のカム角度において、カムレバーがリセット位置に移動するよう錘を

付けた状態にして試験を実施した。その結果、試験品 A 及び B の場合、400g の錘を付けて実施すると２回目の繰り返し荷重でリセット位置に戻った。試験品 C の場合は、カムレバーの回転摩擦が試験品 A 及び B より大きいため、3kg の錘を付けて実施した所、３回目の繰り返し荷重でリセット位置に戻った。錘を付けた状態を写真８に示す。

表 17　繰り返し荷重試験結果（試験品 A）

荷重回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	備考
初期カム角度	カム角度［ 度 ］										
0	0.9	0.6	1.1	1.1	1.1	1.3	0.5	0.9	1.1	0.7	閉状態保持
40	40.8	40.6	40.8	40.8	40.6	41.0	40.6	41.2	40.9	41.0	閉状態保持
70	*フックは１回目の荷重で開放*										

表 18　繰り返し荷重試験結果（試験品 B）

荷重回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	備考
初期カム角度	カム角度［ 度 ］										
0	0.2	0.1	0.1	0	0.1	-0.1	-0.3	-0.8	-0.7	-0.9	閉状態保持
40	43.3	43.4	43.7	44.1	44.3	44.3	45.1	46.3	46.8	47.4	閉状態保持
70	71.2	72.1	85.0	*フックは４回目の荷重で開放*							

表 19　繰り返し荷重試験結果（試験品 C）

荷重回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	備考
初期カム角度	カム角度［ 度 ］										
0	-0.3	-0.1	0	0.3	0.2	0.1	0.5	0.5	0	0.3	閉状態保持
30	29.7	29.9	30.0	30.5	29.9	30.0	29.9	30.5	30.0	29.6	閉状態保持
55	54.0	54.4	54.1	54.2	54.0	54.1	53.9	54.4	54.3	54.5	閉状態保持
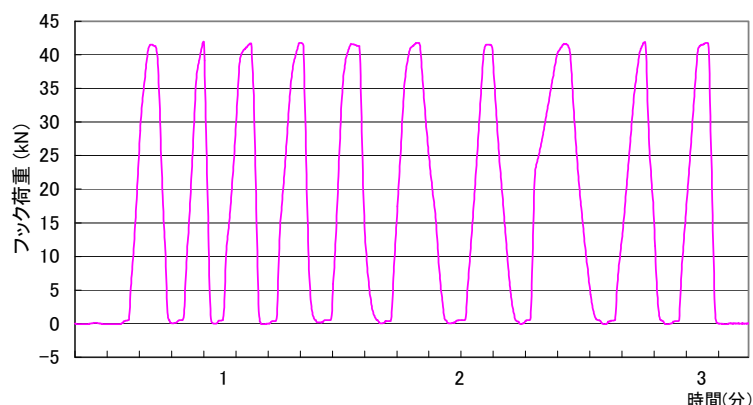
図 10　損傷時繰り返し試験における荷重の一例

写真８　繰り返し荷重試験においてカムレバーに錘を付けた状態

4.3.4　試験結果のまとめ

カムレバーに加わる力の測定により、各試験品共にフックに荷重を加えた時、カム軸

が開方向に移動せず、その結果、操作ケーブルには力が作用しないであろうことが確認された。

また、操作に要する力の測定から、内部機構の違いによる、操作を開始してから開放するまでの間の操作力の変化及び操作に必要なモーメントの違いを把握することができた。特に重要な特性は、操作力の大きさであり、この点からは各試験品共に適正な範囲であると判断される。次に重要な特性は、操作に伴う操作力の変化であり、試験品毎に、特長のある結果が得られた。分かり易い操作という観点から見ると、操作力に大きな変化がない試験品 A 及び、最初に操作力が大きくその後軽くなる試験品 B は、比較的分かり易い例と考えられるが、それに比べて初期の操作力が軽く、最後に重くなる試験品 C は、どこまで操作したら良いかが分かりにくいと言えるかもしれない。

損傷時繰り返し荷重試験の結果から、各試験品共に、初期カム角度が 0 度及び開放までの中間角度であれば、繰り返し荷重を与えた場合に閉状態を保つことが示された。また、開放直前に操作力が重くなる試験品 C は、開放直前のカム位置においても閉状態を保ち、比較的安定性が高いことが示された。

開放直前のカム位置における安定性を保つ手段として、錘を吊り下げた状態（実際にはスプリング等の利用を想定した）で繰り返し荷重試験を実施した。その結果、カム機構に応じた力を加えることにより、カムレバーは初期位置に戻ることが確認されたが、バネのような部品を導入することによる様々な問題点を考えると、実効性に乏しいと考える。このような機構を設計する場合は、できるだけバネ等の部品を使用しないシンプルで信頼性の高い機構が望ましい。

5. DE52 提案文書の作成

IMO/DE において、将来的に交換すべき危険な設計の離脱フックは一定の期間を掛けてより安全な物に交換すること、さらに、「フェイルセーフ」の概念及び落下防止装置の使用を検討し、LSA コード及び救命設備の試験に関する勧告（決議 MSC.81(70)）に関連する改正を最終化することを目的とした審議が行われている。その過程でオフロード型を基本にした 555 型のような安定性には優れるが、操作性に問題がありそうな機構を前提に安全なフックの定義が検討されている。

本来、離脱フックの基本要件は、故障時の安定性だけではなく、使い易さ、信頼性等を含め全体として安全性を確保する必要がある。3.2.2 項の表 11～表 14 に示したような幅広い評価因子についての基本要件を検討することが今後必要と考える。また、基本的に離脱フックの機構を定義により規定することには限界があり、混乱を避けるためには具体的な試験方法を開発し、その合否により安全か安全でないかを判断する方向が重要であると考える。

今回、実施した試験の中で、カムレバーに加わる力の測定は、フックに荷重を加えた時に、カム軸が開方向に移動するかどうかをみる試験であり、将来的に交換すべき危険な設計かどうかの評価に対応する。

操作力の測定及び損傷時繰り返し荷重試験は、フックの基本的な安全性を評価するのに有効と考えられ、これらの試験方法及び結果を紹介して DE52 における審議に対応することとした。提案文書の中で今回の試験の概要を紹介すると共に、今後検討すべき項目として、a.　許容される最大操作モーメント、b.　損傷条件、c.　繰り返し回数を含む荷重条件、及び d.　初期のカム角度を決定するための方法を指摘している。

提案した DE52/INF.5 及び DE52/INF.5/Corr.1 を別紙３(略)及び４(略)に、また、仮訳を別紙５(略)に示す。

まとめ

救命艇に係わる事故の多くはオンロード離脱フックに関するもので、操練や船舶検査時にオンロード離脱フックのリセット状態の不具合で救命艇の落下事故が発生している。IMO（国際海事機関）はその対策として、「フェイルセーフ」の概念に基づく離脱フックの要件の見直し、将来的に交換すべき危険な不安定な離脱フック、操練時に使用する落下防止装置等について審議している。

本調査研究では、離脱フックのフェイルセーフな構造を含めて、より安全な離脱フックが持つべき基本構造、基本要件、評価方法等をとりまとめ、IMO 等へ提案することを目標として、実施した。

主な実施内容は次のとおりである。

(1)　海外文献等の調査及び問題点等の整理

これまでの IMO における審議状況、海外における離脱フックに関する調査研究の状況、フェイルセーフな設計と考えられる離脱フックの調査報告、安全とされている離脱フックに関する試験報告、特許公開情報等を調査するとともに、同時並行的に実施されていた IMO・DE51 コレスポンデンスグループにおける検討状況を考慮しながら、問題点を整理した。

(2)　離脱フックの基本構造及び基本要件の検討

これまでの離脱フック機構や海外において安全とされている離脱フックの構造について検討するとととともに、我が国で使用されている主な救命艇離脱フックについて、フックの保持機構、フックに荷重を掛けた時の各部品への力の掛かり方、操作ケーブルが外れた時の挙動等について調査、検討した。また、現在の救命艇離脱フックに対する LSA コード及び試験勧告の規定を、使い易さ、信頼性及び性能の各評価因子に分類し、各評価因子に対する基本要件及び評価方法を整理することにより、より安全な離脱フックが持つべき基本構造、基本要件及び評価方法を検討した。

(3)　より安全な離脱フックの試作及び評価試験

本来、離脱フックの基本要件は、故障時の安定性だけではなく、使い易さ、信頼性等を含め全体として安全性を確保する必要がある。瞬時にオンロード離脱を可能とする、我が国で既に多く採用しているロックピースを用いた機構を基本とし、カムレバー等の機構を改良することで安全性を高める方向を目指すこととした。検討結果を踏まえ、３種類の離脱フックの試験品を製作し、カムレバーに加わる力の測定、操作に要する力の測定、損傷時繰り返し荷重試験の３種類の試験を実施した。

(4)　調査研究のまとめ

調査研究の成果を踏まえ、評価試験方法に関する提案文書を作成し、IMO・DE52 に提出した。

また、主な事業成果は次のとおりである。

(1)　IMO の審議過程で、英国がフェイルセーフな構造として提案している離脱フックは、オフロード型を基本としており安定性には優れるが、オンロード離脱時に過大な操作力を要し、瞬時の離脱が困難等の操作性、その他の問題等が指摘され、オンロード離脱を中心にした使用形態では実用的とは言えず、更に検討する必要があると考えられる。

(2)　離脱フックの基本要件は、故障時の安定性だけではなく、使い易さ、信頼性等を含め全体として安全性を確保する必要があることから、使い易さ、信頼性及び性能の各評価因子に分類し、各評価因子に対する基本要件及び評価方法を作成し、より安全な離脱フックが持つべき基本構造、基本要件及び評価方法を検討するための基礎資料を得ること出来た。

(3)　３種類の離脱フックの試験品に対して実施した、カムレバーに加わる力の測定、操作に要する力の測定、及び、損傷時繰り返し荷重試験の３種類の評価試験方法は、操作ケーブルへの力の作用の有無、内部機構の違いによる操作力特性の違い、繰り返し荷重での安定性等を

把握することが出来、離脱フック機構の基本的な安全性を評価するのに有効と考えられる。

(4)　調査研究の成果を踏まえ、提案文書を作成し、IMO・DE52に提出した。提案文書の中で、実施した評価試験方法及び結果を紹介するとともに、「フェイルセーフ」な離脱フック機構を定義により規定するには困難があり、混乱を避けるためには具体的な試験方法を開発し、その合否により安全か安全でないかを判断する方向が重要である旨指摘した。

(5)　IMOにおいて、提案の評価試験方法を基に、離脱フックの安全性を評価するための新しい試験方法が審議、開発され、離脱フック機構の安全性向上に寄与することが期待される。